



日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

10/085,204

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 1月29日

出願番号

Application Number:

特願2002-019748

[ST.10/C]:

[JP2002-019748]

出願人

Applicant(s):

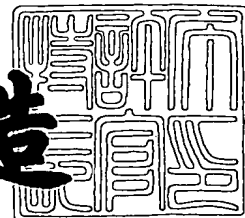
株式会社リコー



2002年 5月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3035056

【書類名】 特許願

【整理番号】 0107529

【提出日】 平成14年 1月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明の名称】 分布ブラッグ反射器および面発光レーザ素子および面発光レーザアレイおよび光インターコネクションシステムおよび光通信システム

【請求項の数】 6

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社 リコー 内

    【氏名】 軸谷 直人

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社 リコー 内

    【氏名】 佐藤 俊一

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社 リコー 内

    【氏名】 高橋 孝志

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社 リコー 内

    【氏名】 伊藤 彰浩

【特許出願人】

    【識別番号】 000006747

    【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号

    【氏名又は名称】 株式会社 リコー

【代表者】 桜井 正光

【代理人】

【識別番号】 100090240

【住所又は居所】 神奈川県横浜市西区浅間町1丁目5番1号 インテンシ  
ョン横浜601号

【弁理士】

【氏名又は名称】 植本 雅治

【電話番号】 045-316-1042

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 73767

【出願日】 平成13年 3月15日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009793

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808722

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分布ブラッグ反射器および面発光レーザ素子および面発光レーザアレイおよび光インターコネクションシステムおよび光通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 屈折率が大なる第 1 の半導体層と屈折率が小なる第 2 の半導体層とが交互に積層され、屈折率が大なる第 1 の半導体層と屈折率が小なる第 2 の半導体層との間に、第 1 の半導体層の屈折率と第 2 の半導体層の屈折率との間の屈折率値をとる材料層が設けられている分布ブラッグ反射器において、前記分布ブラッグ反射器の設計反射波長は  $1.1\ \mu\text{m}$  よりも長波であり、前記材料層は厚さが  $5\ \text{nm}$  乃至  $50\ \text{nm}$  の範囲であることを特徴とする分布ブラッグ反射器。

【請求項 2】 活性層と、共振器ミラーとを有する面発光レーザ素子において、共振器ミラーには請求項 1 記載の分布ブラッグ反射器が用いられることを特徴とする面発光レーザ素子。

【請求項 3】 請求項 2 記載の面発光レーザ素子において、活性層の材料が  $\text{GaAs}$ ,  $\text{GaInAs}$ ,  $\text{GaInNAs}$ ,  $\text{GaAsSb}$ ,  $\text{GaInAsSb}$ ,  $\text{GaInNAsSb}$  のいずれかであることを特徴とする面発光レーザ素子。

【請求項 4】 請求項 2 または請求項 3 記載の面発光レーザ素子が複数個配列されて構成されていることを特徴とする面発光レーザアレイ。

【請求項 5】 請求項 2 または請求項 3 の面発光レーザ素子、または、請求項 4 記載の面発光レーザアレイを用いたことを特徴とする光インターコネクションシステム。

【請求項 6】 請求項 2 または請求項 3 の面発光レーザ素子、または、請求項 4 記載の面発光レーザアレイを用いたことを特徴とする光通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、分布ブラッグ反射器および面発光レーザ素子および面発光レーザアレイおよび光インターコネクションシステムおよび光通信システムに関する。

【0002】

## 【従来の技術】

従来、面発光レーザ素子として、共振器のミラーに $0.85\mu\text{m}$ 帯～ $0.98\mu\text{m}$ 帯に反射帯域を有する分布ブラッグ反射器（DBR（n-DBR, p-DBR））を用いたものが知られている。

## 【0003】

ところで、DBR（特にp-DBR）の抵抗を下げるために、 $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光レーザ素子では文献「Photonics Technology Letters Vol. 2, No. 4, 1990, p. p. 234-236、Photonics Technology Letters Vol. 4, No. 12, 1992, p. p. 1325-1327」に示されているように、DBRを構成する低屈折率層と高屈折率層との間に、これらの中間の屈折率を有する材料層を設ける構造が提案されている。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

屈折率が小と大の間の値をとる材料層としては、組成傾斜層を用いたり、あるいは、組成を次第に変化させた複数の層を用い、材料層の厚さを厚くすることが低抵抗化に望ましい。しかし、良好な反射特性を得るためには、低屈折率層と高屈折率層との界面が急峻である必要があり、界面の急峻性が低いと反射率は低下し、反射帯域幅は減少してしまう。従って、抵抗を十分に小さくするために、屈折率が小と大の間の値をとる材料層を厚くすると、分布ブラッグ反射器の反射率が低下し、十分な反射特性が得られないという問題があった。

## 【0005】

従来の $0.85\mu\text{m}$ 、 $0.98\mu\text{m}$ 帯に設計されたDBRでは、DBRを構成する各層の厚さが電気抵抗を十分に低減させるために必要な前記材料層の厚さに比べ十分厚くないので、良好な反射特性と良好な電気特性とを同時に得ることが困難であった。このように、従来では電気抵抗が十分低く、また反射率が高い分布ブラッグ反射器が得られなかったために、特性の良好な光通信及び光伝送用の面発光レーザ素子を得ることが困難であった。

## 【0006】

本発明は、電気抵抗が低く、かつ、反射率の高い分布ブラッグ反射器および面発光レーザ素子および面発光レーザアレイおよび光インターコネクションシステムおよび光通信システムを提供することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項1記載の発明は、屈折率が大なる第1の半導体層と屈折率が小なる第2の半導体層とが交互に積層され、屈折率が大なる第1の半導体層と屈折率が小なる第2の半導体層との間に、第1の半導体層の屈折率と第2の半導体層の屈折率との間の屈折率値をとる材料層が設けられている分布ブラッグ反射器において、前記分布ブラッグ反射器の設計反射波長は $1.1\mu\text{m}$ よりも長波であり、前記材料層は厚さが $5\text{nm}$ 乃至 $50\text{nm}$ の範囲であることを特徴としている。

【0008】

また、請求項2記載の発明は、活性層と、共振器ミラーとを有する面発光レーザ素子において、共振器ミラーには請求項1記載の分布ブラッグ反射器が用いられることを特徴としている。

【0009】

また、請求項3記載の発明は、請求項2記載の面発光レーザ素子において、活性層の材料が $\text{GaNA s}$ 、 $\text{GaInAs}$ 、 $\text{GaInNA s}$ 、 $\text{GaAsSb}$ 、 $\text{GaInAsSb}$ 、 $\text{GaInNA sSb}$ のいずれかであることを特徴としている。

【0010】

また、請求項4記載の発明は、請求項2または請求項3記載の面発光レーザ素子が複数個配列されて構成されている面発光レーザアレイである。

【0011】

また、請求項5記載の発明は、請求項2または請求項3の面発光レーザ素子、または、請求項4記載の面発光レーザアレイを用いたことを特徴とする光インターコネクションシステムである。

【0012】

また、請求項6記載の発明は、請求項2または請求項3の面発光レーザ素子、

または、請求項4記載の面発光レーザアレイを用いたことを特徴とする光通信システムである。

### 【0013】

#### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。本発明の分布ブラッグ反射器（DBR）は、屈折率が大なる第1の半導体層と屈折率が小なる第2の半導体層とが交互に積層され、屈折率が大なる第1の半導体層と屈折率が小なる第2の半導体層との間に、第1の半導体層の屈折率と第2の半導体層の屈折率との間の屈折率値をとる材料層が設けられているものであって、この分布ブラッグ反射器の設計反射波長は $1.1\mu\text{m}$ よりも長波であり、前記材料層は厚さが $5\text{nm}$ 乃至 $50\text{nm}$ の範囲であることを特徴としている。

### 【0014】

ここで、設計反射波長は、次のように定義される。すなわち、図1には、一例として、 $\text{AlAs}/\text{GaAs}$ の24ペアの積層によるDBRの反射スペクトルが示されている。ここで、 $\text{AlAs}$ 層、 $\text{GaAs}$ 層の厚さは、それぞれ、 $93.8\text{nm}$ 、 $79.3\text{nm}$ であり、 $1.1\mu\text{m}$ の $1/4n$ の厚さに相当している。なお、 $n$ は波長 $1.1\mu\text{m}$ における $\text{GaAs}$ 層、 $\text{AlAs}$ 層のそれぞれの屈折率である。このように、DBRの各層の厚さをある波長 $\lambda$ の $1/4n$ とすると、波長 $\lambda$ 付近で最も広帯域に高い反射率を得ることができる。本発明では、この $\lambda$ を設計反射波長と呼ぶ。

### 【0015】

本発明では、DBRの設定反射波長を $1.1\mu\text{m}$ 帯以上と、従来の $0.85\mu\text{m}$ 帯、 $0.98\mu\text{m}$ 帯に比べて長波に設定し、材料層の厚さを $5\text{nm}$ 乃至 $50\text{nm}$ の範囲としている。例えば、反射波長を $1.3\mu\text{m}$ と長波にすると、DBRを構成する各層（第1の半導体層、第2の半導体層）の厚さは従来の $0.85\mu\text{m}$ 帯に比べて約1.5倍程度厚くなり、材料層の厚さの占める相対割合を小さくできる。また、 $1.5\mu\text{m}$ 帯等のように長波にするに従い、相対割合をさらに小さくすることができる。このように、DBRを構成する各層（第1の半導体層、第

2の半導体層)の厚さは、波長に比例し長波長化とともに厚くなるので、長波長帯では前記材料層の影響は小さくなり、反射率の低下等の影響を低減できる。

#### 【0016】

また、低抵抗化に必要な材料層の厚さは、波長帯に依らず(界面に発生するヘテロスパイクが高抵抗化の原因であるので)、用いる材料系によって決まっているので、 $0.85\mu\text{m}$ 帯であっても、また、 $1.1\mu\text{m}$ よりも長波長帯域であっても、電気抵抗値をバルク抵抗値程度までに低減するのに必要な材料層の厚さは同じであり、反射波長が長くなった分、材料層に許容される厚さは厚くなる。このように、従来と同じ厚さの材料層を設ける場合には、反射率の低下は小さくなり、また、従来と同量の反射率値の低下を許容する場合には、電気抵抗を十分低くすることができる。

#### 【0017】

図2は本発明に係る分布ブラッグ反射器(DBR)を説明するための図である。図2の例では、分布ブラッグ反射器(DBR)は、屈折率が大なる第1の半導体層1としてGaAs層が用いられ、また、屈折率が小なる第2の半導体層2としてAlAsが用いられ、材料層3として組成傾斜層が用いられている。具体的に、図2の例では、組成傾斜層としてAlGaAsが用いられ、組成傾斜層は線形組成傾斜層として形成されている。

#### 【0018】

図2の構成において、各波長帯( $0.88\mu\text{m}$ ,  $0.98\mu\text{m}$ ,  $1.3\mu\text{m}$ )における第1の半導体層(GaAs層)1, 第2の半導体層(AlAs層)2の厚さは、次のとおりである。すなわち、 $0.88\mu\text{m}$ 帯では、第1の半導体層1, 第2の半導体層2の厚さは、それぞれ、 $60.6\text{nm}$ ,  $73.8\text{nm}$ である。また、 $0.98\mu\text{m}$ 帯では、第1の半導体層1, 第2の半導体層2の厚さは、それぞれ、 $69.5\text{nm}$ ,  $82.9\text{nm}$ である。また、 $1.3\mu\text{m}$ 帯では、第1の半導体層1, 第2の半導体層2の厚さは、それぞれ、 $95.2\text{nm}$ ,  $111.6\text{nm}$ である。

#### 【0019】

また、図3には、 $0.88\mu\text{m}$ 帯と $1.3\mu\text{m}$ 帯のDBRの反射率と、材料層



(線形組成傾斜層) 3 の厚さとの関係が示されている。なお、図 3 において、DBR の積層ペア数は、 $0.88\mu\text{m}$  帯が 18 ペア、 $1.3\mu\text{m}$  帯が 23 ペアとしている。これは、それぞれ反射率値が 99.9% を初めて超える積層ペア数である。

## 【0020】

また、次表 (表 1) は図 3 の反射率値を示したものである。

## 【0021】

【表 1】

	0nm	5nm	10nm
0.88 $\mu\text{m}$ 帯	99.914	99.912	99.905
1.3 $\mu\text{m}$ 帯	99.923	99.923	99.920

## 【0022】

また、図 4、図 5 は、図 3 の結果と同様の構造の線形組成傾斜層を有する  $1.3\mu\text{m}$  の反射波長を持つ AlAs/GaAs DBR のゼロバイアス付近のシート抵抗と組成傾斜層の厚さとの関係を示す図である。なお、図 4 は対数表示、図 5 は線形表示である。また、図 4、図 5 に用いた DBR の積層ペア数は 4 ペアである。また、図 4、図 5 において、破線は、バンド不連続の影響を考慮しないで見積もった結果を示している。また、ドーピング密度 (例えば、p-DBR では、p 型ドーパントのドーピング密度) は全て  $p$  型  $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$  としている。

## 【0023】

面発光レーザー素子の低閾値電流化には高反射率の DBR を用いることが重要である。図 3、表 1 から、 $1.3\mu\text{m}$  帯では、材料層 (組成傾斜層) 3 の厚さ 0 nm ~ 5 nm までは殆ど反射率の低下は見られない。しかし、 $0.88\mu\text{m}$  帯では、材料層 (組成傾斜層) 3 の厚さが 5 nm からすでに反射率の低下が見られ始めている。面発光レーザー素子は共振器長が短く、ミラーによる反射損失の影響が非常に大きいので、僅かな反射率値の低下であっても閾値電流値に大きな影響を与えてしまう。例えば、面発光レーザー素子において、一方の DBR ミラー反射率が

99.9%であるのに対し、他方のDBRミラー反射率が99.9%から99%に低下するだけで、閾値電流密度は約2倍程度も増加してしまう。従って、低閾値電流化を意図して作製する場合には、電気抵抗値に加え、ミラー反射率を十分高く設計する必要がある。

## 【0024】

しかし、1.3  $\mu\text{m}$ 帯では組成傾斜層の相対割合が小さいので、図3、表1、のように、材料層（組成傾斜層）3の厚さが5 nmであれば、反射率へ殆ど影響を及ぼすことなく、材料層（組成傾斜層）3の厚さが0 nm場合に比べて、電気抵抗を2桁程度低減することができる。反射波長が更に長波の場合は、厚さのより厚い材料層（組成傾斜層）3を設けることができるので、反射率に影響を与えることなく低抵抗化を行うことができる。しかし、材料層（組成傾斜層）3の厚さが5 nmよりも薄い場合は、図4に示すように低抵抗化の効果が殆ど得られないので、材料層（組成傾斜層）3の厚さとしては不十分である。つまり、この5 nmという厚さは、長波長帯域で反射特性に影響を与えないで低抵抗化が行える材料層（組成傾斜層）3の厚さの下限と考えることができる。従って、材料層（組成傾斜層）3の厚さは5 nm以上とするのが良い。

## 【0025】

また、例えば、99.8%を反射率の許容値とする場合、図3のように、0.88  $\mu\text{m}$ 帯で設けることのできる材料層（組成傾斜層）3の厚さは30 nmに限られるのに対し、1.3  $\mu\text{m}$ 帯では50 nmの厚さを設けることができる。材料層（組成傾斜層）3の厚さを30 nmから50 nmにすることで、抵抗値は更に50%も低減する。また、図4、図5のように、電気抵抗値は、厚さ50 nmまでは効果的に低抵抗化するものの、50 nmでバルク抵抗値の1.05倍程度となり、これ以上の厚さでは飽和傾向を示し始める。

## 【0026】

しかし、反射率は材料層（組成傾斜層）3の厚さが増すに従い急激に低下を始め、5.0 nm以上で99.8%以下にまで低下してしまうので、これら両方の特性を同時に良好に満たす範囲として、材料層（組成傾斜層）3の厚さは50 nm以下が実用上の意味を持つ。

## 【 0 0 2 7 】

例えば、面発光レーザの高出力化には、光出力側のミラー反射率を小さく設定し光出力を得やすく設計する必要がある。また、高出力（高注入領域）まで安定に発振させるためには、素子発熱を抑えて、熱による出力飽和点を高く設定する必要がある。50 nmのように比較的厚い材料層（組成傾斜層）3 を設けた DBR はこれらの条件を満たしているので、高出力用途に適している。

## 【 0 0 2 8 】

また、材料層 3 の厚さを 5 nm ～ 50 nm の範囲で、目的に応じ、適切に選ぶことで、反射特性、電気特性がそれぞれ優れた DBR を得ることができる。

## 【 0 0 2 9 】

なお、上述の例では、材料層 3 として、組成が GaAs から AlAs へ線形に変化している線形組成傾斜層を用いる場合を示したが、材料層 3 としては、この他にも、組成の変化率が非線形であってもよく、また連続的に変化させずに、組成を離散的に変化させた 1 つ以上の層から構成されるものであっても良く、また、これらの組み合わせであっても良い。

## 【 0 0 3 0 】

また、上述の例（図 2 の例）では、屈折率が小である第 2 の半導体層 2 を AlAs 層、屈折率が大である第 1 の半導体層 1 を GaAs 層としたが、AlGaAs 系材料では Al 組成増加に伴って、屈折率が小さくなる。従って、Al 組成の異なる 2 種の AlGaAs 層によって DBR を構成することができるので、上述の例の他にも、一方、又は両方の層に AlGaAs 混晶を用いた DBR に本発明を適用しても良い。しかし、DBR を構成する 2 種の層の屈折率差が大きい程、少ない積層ペア数で高いの反射率を得ることができるので、反射特性的には 2 種の層の Al 組成の違いが大きいことが望ましい。図 2 の例の構造は、AlAs と GaAs による最も屈折率差が大きくなる組み合わせを示したものである。このような Al 組成の違いが大きな組み合わせでは、ヘテロスパイクの原因となる価電子帯バンド不連続量も大きくなるので、良好な反射特性が得られる反面、より高抵抗化し易いという問題がある。つまり、前述した課題が最も深刻になる組み合わせである。このような場合に、屈折率値が小と大の中間の値をとる材料層

を設けることが特に重要となるが、特にこの場合は価電子帯バンド不連続量が大いので、低抵抗化には十分な厚さの前記小と大の中間の値をとる材料層を設けることが必要となる。しかし、従来の $0.85\mu\text{m}$ 帯等のDBRではこれが困難であった。これに対し、本発明の分布ブラッグ反射器では、図2のような材料を用いた場合でも、高い反射率と低い抵抗値とを同時に得ることができる。

#### 【0031】

上述の説明からわかるように、活性層と共振器ミラーとを有する面発光レーザ素子において、共振器ミラーに上述した本発明の分布ブラッグ反射器を用いることができる。すなわち、面発光レーザ素子の反射ミラーに上述した本発明のDBRを用いることができる。半導体材料によるDBRとしては、 $\text{AlAs}/\text{GaAs}$ 材料を用いるものが、反射特性及び（電流狭窄のための）酸化プロセスとの整合性から、面発光レーザ素子の共振器ミラー（反射ミラー）として非常に優れた特性を備えている。

#### 【0032】

さらに、上述した本発明のDBRを用いることで、従来の光通信、光伝送用途の $0.85\mu\text{m}$ 帯、 $0.98\mu\text{m}$ 帯面発光レーザに比べて、低発振閾値電流、低消費電力、高出力動作可能な光通信、光伝送用途の面発光レーザ素子を得ることができる。

#### 【0033】

なお、このような面発光レーザ素子において、活性層の材料として、 $\text{GaNA s}$ 、 $\text{GaInAs}$ 、 $\text{GaInNA s}$ 、 $\text{GaAsSb}$ 、 $\text{GaInAsSb}$ 、 $\text{GaInNA sSb}$ のいずれかを用いることができる。

#### 【0034】

これらの材料は、 $\text{GaAs}$ 基板上に結晶成長が可能であり、反射率、熱伝導性、プロセス制御（結晶成長や、 $\text{Al(Ga)As}$ 混晶等の選択酸化）の点において優れた特性を持つ $\text{AlGaAs}$ 系材料によるDBRを用いて、 $1.1\mu\text{m}$ よりも長波で発振する面発光レーザ素子を得ることができる。特に、波長 $1.3\mu\text{m}$ 帯のレーザ素子と石英シングルモードレーザとを組み合わせることによって、高速通信、高速伝送が可能となる。

## 【0035】

さらに、上述した各材料の中でも、特にGaInNAs混晶材料は、キャリア閉じ込め層となるGaAs層との伝導帯バンド不連続量が大きく、電子のオーバーフローが低減できることから、高温まで安定な発振が得られる。以上のように、本発明によれば、光通信、光伝送用として好適な面発光レーザ素子を得ることができる。

## 【0036】

図6は本発明の面発光レーザ素子の構成例を示す図である。図6の面発光レーザ素子は、n-GaAs基板11上に、n-DBR12、GaAsスペーサ層13、GaInNAs活性層14、GaAsスペーサ層15、AlAs選択酸化絶縁層（電流狭さく層）16、p-DBR17、p-GaAsコンタクト層18が積層されている。そして、p-GaAsコンタクト層18からGaAsスペーサ層13まで側面がエッチングされて、ポスト状（柱状）の積層構造となっており、その周囲にはポリイミド膜19が形成されている。また、p-GaAsコンタクト層18上には、光出射部20を除いて、p側電極21が形成され、また、n-GaAs基板11の裏面には、n側電極22が形成されている。

## 【0037】

ここで、n-DBR12は、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}/\text{GaAs}$ によって構成されている。

## 【0038】

また、p-DBR17は、図7に示すように、 $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ 層31、AlGaAs組成傾斜層32、GaAs層33が所定のペア数で積層されて構成されている。

## 【0039】

図6、図7の面発光レーザ素子の発振波長は $1.1\mu\text{m}$ よりも長波である。特に、活性層14をGaInNAsとすることにより、GaAs基板11上にファイバ通信で重要な $1.3\mu\text{m}$ 帯、 $1.5\mu\text{m}$ 帯を含む $1.1\mu\text{m}$ よりも長波の面発光レーザ素子を得ることができる。

## 【0040】

また、上述した本発明の面発光レーザ素子を複数個配列して面発光レーザアレイを構成することができる。上述した本発明の面発光レーザ素子のDBRは、従来の $0.85\mu\text{m}$ 帯、 $0.98\mu\text{m}$ 帯面発光レーザ素子に比べて、DBRの抵抗が低く、面発光レーザ素子の動作電圧、動作電流が低減している。つまり、素子の消費電力、発熱が少なく、アレイのように高密度に集積した場合に、消費電力低減の効果は大きい。また、発熱による素子間の干渉も少なく、特性、信頼性の優れた面発光レーザアレイが得られる。

#### 【0041】

また、上述した本発明の面発光レーザ素子、または、上述した本発明の面発光レーザアレイによって、光インターコネクションシステムを構成することができる。

#### 【0042】

このような構成の光インターコネクションシステムでは、設計反射波長を $1.1\mu\text{m}$ より長波とし、従来に比べて厚さが厚くかつ屈折率が小と大の間の値をとる材料層を設けた抵抗値の小さい分布ブラッグ反射器(DBR)を共振器ミラーとした本発明の面発光レーザ素子または面発光レーザアレイを光源に用いることによって、高速伝送が可能な信頼性の高いインターコネクションシステムを提供することができる。

#### 【0043】

すなわち、上述した本発明の光インターコネクションシステムに用いられている面発光レーザ素子または面発光レーザアレイは、前述のように、発振波長を $1.1\mu\text{m}$ より長波としたことによって、P型DBRを構成する各層の厚さが、従来の $0.85\mu\text{m}$ 、 $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光レーザ素子に比べ厚い。よって、反射率を著しく低減すること無く、従来の $0.85\mu\text{m}$ 、 $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光レーザ素子に比べて厚さが厚くかつ屈折率が小と大の間の値をとる材料層をDBRの各層の間に設けることが可能となり、DBRの抵抗値を従来に比べて小さくできる。これによって、動作電圧を低減でき、また、素子発熱を低減でき、また、消費電力を小さくでき、また、素子寿命等の信頼性が向上するといった効果が得られる。また、素子抵抗が小さいので、素子の応答時間も短くなり、高速変調

に適している。

【0044】

従って、このような面発光レーザ素子または面発光レーザアレイを用いた光インターコネクションシステムでは、低消費電力で、高速変調が可能で、システムの信頼性も高い。更に、発振波長を $1.1\mu\text{m}$ より長波にしたことによって、石英シングルモードファイバを用いた光インターコネクションシステムを構築することができる。石英シングルモードファイバは、 $1.3\mu\text{m}$ 帯にゼロ波長分散を有しており、また、面発光レーザ素子は発振スペクトル幅が非常に狭いという特徴がある。石英シングルモードファイバと本発明の素子抵抗が低く高速変調が可能な $1.3\mu\text{m}$ 帯の面発光レーザ素子とを組み合わせたインターコネクションシステムでは、従来の $0.85\mu\text{m}$ 帯、 $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光レーザ素子を用いた光インターコネクションシステムでは難しかった高速伝送が可能であるという大きな効果が得られる。また、前述した活性層材料 ( $\text{GaNA s}$ ,  $\text{GaInA s}$ ,  $\text{GaInNA s}$ ,  $\text{GaAsSb}$ ,  $\text{GaInAsSb}$ ,  $\text{GaInNA sSb}$ ) の中でも、特に  $\text{GaInNA s}$  量子井戸を活性層とした面発光レーザ素子は、例えば  $\text{GaAs}$  バリア層との伝導帯バンド不連続量が大きく、材料特性的に電子のオーバーフローが小さいので、環境温度の変化に対して安定に動作する。また、 $\text{GaAs}$  基板上に結晶成長が可能なことによって、反射特性、放熱性に優れ、酸化狭窄プロセスの確立された  $\text{AlGaAs}$  混晶による分布ブラッグ反射器を用いることができるので、インターコネクションシステムに非常に優れたレーザ光源を用いることができる。

【0045】

以上から、高速伝送が可能な信頼性の高い光インターコネクションシステムを得ることができる。

【0046】

図8は本発明の光インターコネクションシステムの具体例を示す図である。図8の光インターコネクションシステムは、機器間並列光インターコネクションシステムとして構成されている。

【0047】

図 8 のインターコネクションシステムは、機器 1 と機器 2 の間を光ファイバレイを用いて接続したものとなっている。送信側である機器 1 では、前述した本発明の面発光レーザアレイを用いた 1 次元面発光レーザアレイモジュールとこれの駆動回路とを備えている。また、受信側である機器 2 では、フォトダイオードアレイモジュールと信号検出回路とを備えている。

## 【 0 0 4 8 】

図 9 には、面発光レーザアレイモジュールの概要が示されている。図 9 の面発光レーザアレイモジュールは、シリコン基板上に、1 次元モノリシック面発光レーザアレイと、マイクロレンズアレイと、ファイバアレイとが実装されて構成されている。面発光レーザアレイは、ファイバに対向して設けられており、マイクロレンズアレイを介してシリコン基板に形成した V 溝に実装された石英シングルモードファイバと結合している。面発光レーザアレイの発振波長は  $1.3 \mu\text{m}$  帯であり、石英シングルモードファイバが用いられている。

## 【 0 0 4 9 】

上記の光インターコネクションシステムのように、石英シングルモードファイバと発振波長が  $1.1 \mu\text{m}$  より長波 ( $1.3 \mu\text{m}$ ) の面発光レーザアレイを用いることにより、高速伝送が可能となる。これは、石英ファイバが  $1.3 \mu\text{m}$  帯に波長ゼロ分散を有しており、面発光レーザ素子の発振スペクトルが狭いことに加え、特に、本発明の面発光レーザ素子の分布ブラッグ反射器の抵抗値が小さく、素子の応答が向上した効果によるところが大きい。

## 【 0 0 5 0 】

また、素子の低抵抗化によって動作電圧が低減し、素子寿命等の信頼性は高く、システムの信頼性も向上した。また、素子の低抵抗化によって素子の消費電力が低減し、システムの消費電力も低減した。また、素子の低抵抗化によって発熱が減少し、高出力動作が可能であった。従って、符号誤り率の低いインターコネクションシステムが得られた。

## 【 0 0 5 1 】

この際、前述した活性層材料 ( $\text{GaNA s}$ ,  $\text{GaInAs}$ ,  $\text{GaInNA s}$ ,  $\text{GaAsSb}$ ,  $\text{GaInAsSb}$ ,  $\text{GaInNA sSb}$ ) の中でも、特に  $\text{GaI}$



n N A s 混晶による量子井戸を活性層とした面発光レーザ素子では、例えば G a A s バリア層との伝導帯バンド不連続量が大きく、材料特性的に電子のオーバーフローが小さいので、環境温度の変化に対しても安定に動作する。

## 【 0 0 5 2 】

以上のように、消費電力が低く、高速動作が可能な信頼性の高い並列光インターコネクションシステムを得ることができる。

## 【 0 0 5 3 】

上述の例では、並列光インターコネクションシステムを例に説明したが、この他にも、単一素子を用いたシリアル伝送システムを構成することもできる。また、機器間の他にも、ボード間、チップ間、チップ内インターコネクションに応用することもできる。

## 【 0 0 5 4 】

また、上述した本発明の面発光レーザ素子、または、上述した本発明の面発光レーザアレイによって、光通信システムを構成することができる。

## 【 0 0 5 5 】

このような構成の光通信システムでは、設計反射波長を  $1.1\mu\text{m}$  より長波として、従来に比べて厚さが厚くかつ屈折率が小と大の間の値をとる材料層を設けた抵抗値の小さな分布ブラック反射器 (D B R) を共振器ミラーとした本発明の面発光レーザ素子または面発光レーザアレイを光源に用いることによって、素子抵抗、発熱が小さく、高速伝送が可能な信頼性の高い光通信システムを提供することができる。

## 【 0 0 5 6 】

すなわち、上述した本発明の光通信システムに用いられる面発光レーザ素子または面発光レーザアレイとしては、前述のように、発振波長を  $1.1\mu\text{m}$  より長波としたことにより、p 型 D B R を構成する各層の厚さが、従来の  $0.85\mu\text{m}$ 、 $0.98\mu\text{m}$  帯の面発光レーザ素子に比べ厚くなり、これによって、反射率を著しく低減すること無く、従来の  $0.85\mu\text{m}$ 、 $0.98\mu\text{m}$  帯の面発光レーザ素子に比べて厚さが厚くかつ屈折率が小と大の間の値をとる材料層を D B R の各層の間に設けることが可能となり、D B R の抵抗値を従来に比べて小さくできる

。よって、動作電圧を低減でき、また、素子発熱を低減でき、また、消費電力を小さくでき、また、素子寿命等の信頼性が向上するといった効果が得られる。また、素子抵抗が小さいので、素子の応答時間も短くなり、高速変調に適している。

## 【0057】

従って、このような面発光レーザ素子または面発光レーザアレイを用いた光通信システムでは、低消費電力で、高速変調が可能で、システムの信頼性も高い。更に、発振波長を $1.1\mu\text{m}$ より長波にしたことによって、石英シングルモードファイバを用いた光通信システムを構築することができる。石英シングルモードファイバは、 $1.3\mu\text{m}$ 帯にゼロ波長分散を有しており、また、面発光レーザ素子は発振スペクトル幅が非常に狭いという特徴がある。石英シングルモードファイバと本発明の素子抵抗が低く高速変調が可能な $1.3\mu\text{m}$ 帯の面発光レーザ素子とを組み合わせた光通信システムでは、従来の $0.85\mu\text{m}$ 帯、 $0.98\mu\text{m}$ 帯の面発光レーザ素子を用いた光通信システムでは難しかった高速通信が可能であるという大きな効果が得られる。また、前述した活性層材料 ( $\text{GaNaAs}$ ,  $\text{GaInAs}$ ,  $\text{GaInNaAs}$ ,  $\text{GaAsSb}$ ,  $\text{GaInAsSb}$ ,  $\text{GaInNaAsSb}$ ) の中でも、特に $\text{GaInNaAs}$ を量子井戸とした面発光レーザ素子では、例えば、 $\text{GaAs}$ バリア層等に対し、伝導帯のバンド不連続量が大きく、電子のオーバーフローが小さいので、環境温度の変化に対して安定に動作することに加え、 $\text{GaAs}$ 基板上に結晶成長が可能なことによって、反射特性、放熱性に優れ、酸化狭窄プロセスの確立された $\text{AlGaAs}$ 混晶による分布ブラッグ反射器を用いることができる。従って、従来の $\text{InP}$ 基板上に作製される $\text{InGaAsP}$ 混晶を用いた端面型レーザによる光通信システムに比べ、光源の温度特性に優れている。また、前述の材料系では作製が難しい面発光レーザ素子を容易に得ることができる。この面発光レーザ素子は、アレイ化が容易で光ファイバとの結合率が高く、光ファイバを用いた光通信システムの光源として好適である。以上から、本発明の面発光レーザ素子または面発光レーザアレイを用いることによって、高速通信が可能な信頼性の高い光通信システムを得ることができる。

## 【0058】

図 1 0 は本発明の光通信システムの具体例を示す図である。図 1 0 の光通信システムは、光 LAN システムとして構成されている。図 1 0 の光 LAN システムは、前述した本発明の面発光レーザ素子または面発光レーザアレイ素子を用いて光 LAN システムを構成したものである。すなわち、サーバーとコアスイッチとの間、及び、コアスイッチと各スイッチとの間、及び、スイッチと各端末との間の光伝送の光源に、本発明の面発光レーザ素子または面発光レーザアレイ素子が用いられている。また、各機器間は、石英シングルモードファイバまたはマルチモードファイバによって結合を行っている。このような光 LAN の物理層としては、例えば 1 0 0 0 B A S E - L X 等のギガビットイーサネットが挙げられる。

## 【 0 0 5 9 】

図 1 0 の光 LAN システムでは、光源に発振波長が  $1.1\ \mu\text{m}$  より長波 ( $1.3\ \mu\text{m}$ ) の面発光レーザ素子または面発光レーザアレイを用いている。この面発光レーザ素子では、発振波長を  $1.1\ \mu\text{m}$  より長波 ( $1.3\ \mu\text{m}$ ) としたことによって、分布ブラッグ反射器の反射率を著しく低下させることなく、従来に比べ厚さが厚くかつ屈折率が小と大の間の値を有する半導体層を設けることができるので、従来の  $0.85\ \mu\text{m}$ ,  $0.98\ \mu\text{m}$  帯の分布ブラッグ反射器を有する面発光レーザ素子に比べ、素子抵抗を低減することができて、従来に比べ素子の高速応答が可能であり、高速通信が可能な光通信システムが得られる。

## 【 0 0 6 0 】

また、機器間の接続に石英シングルモードファイバを用いる場合、 $1.3\ \mu\text{m}$  帯面発光レーザ素子を光源とすることで高速通信が可能となる。これは、石英ファイバが  $1.3\ \mu\text{m}$  帯に波長ゼロ分散を有しており、面発光レーザ素子の発振スペクトルが狭いことに加え、特に、本発明の面発光レーザ素子の分布ブラッグ反射器の抵抗値が小さく、素子の応答が向上した効果によるところが大きい。

## 【 0 0 6 1 】

また、素子の低抵抗化によって動作電圧が低減し、素子寿命等の信頼性が向上し、システムの信頼性が向上した。また、素子の低抵抗化によって素子の消費電力が低減し、システムの消費電力も低減した。また、素子の低抵抗化によって発熱が減少し、高出力動作が可能であった。よって、符号誤り率の低い光通信シス

テムが得られた。また、前述した活性層材料（GaNA s, GaInAs, GaInNA s, GaAsSb, GaInAsSb, GaInNA sSb）の中でも、特にGaInNA s 混晶を用いることによって、従来のInP 基板上に作製されるInGaAsP 混晶による端面型レーザを用いた同波長帯の通信システムに比べ、光源の温度特性に優れ、温度制御、補償装置が不要となる。また、前述の材料系では作製が難しい面発光レーザ素子を容易に用いることができる。この面発光レーザ素子は、アレイ化が容易で光ファイバとの結合率が高く、光ファイバを用いた光通信システムの光源として好適である。以上のように、高速通信が可能な信頼性の高い光通信システムを得ることができる。

#### 【0062】

上述の例では、光通信システムの一例として、光ファイバを用いたLANを示したが、光通信システムとしては、この他にも、WANのようなものであっても良いし、LAN及びWAN間を相互に結ぶ幹線系のようなものであっても良い。また、端末もサーバー、PC（コンピュータ）に限るものではなく、光ファイバによって通信又はデータの授受を行う情報機器端末、更にデータの交換及び中継を行う交換機及び中継機を含む全ての光通信システムに適用可能である。

#### 【0063】

##### 【発明の効果】

以上に説明したように、請求項1記載の発明によれば、屈折率が大なる第1の半導体層と屈折率が小なる第2の半導体層とが交互に積層され、屈折率が大なる第1の半導体層と屈折率が小なる第2の半導体層との間に、第1の半導体層の屈折率と第2の半導体層の屈折率との間の屈折率値をとる材料層が設けられている分布ブラッグ反射器において、前記分布ブラッグ反射器の設計反射波長は1.1  $\mu\text{m}$ よりも長波であり、前記材料層は厚さが5 nm乃至50 nmの範囲であるので、電気抵抗が低く、かつ、反射率の高い分布ブラッグ反射器を提供することができる。

#### 【0064】

また、請求項2記載の発明によれば、活性層と、共振器ミラーとを有する面発光レーザ素子において、共振器ミラーには請求項1記載の分布ブラッグ反射器が

用いられるので、従来の光通信、光伝送用途の  $0.85\mu\text{m}$  帯、 $0.98\mu\text{m}$  帯面発光レーザに比べて、低発振閾値電流、低消費電力、高出力動作可能な光通信、光伝送用途の面発光レーザ素子を得ることができる。

## 【0065】

また、請求項3記載の発明によれば、請求項2記載の面発光レーザ素子において、活性層の材料が  $\text{GaNA s}$ 、 $\text{GaInAs}$ 、 $\text{GaInNA s}$ 、 $\text{GaAsSb}$ 、 $\text{GaInAsSb}$ 、 $\text{GaInNA sSb}$  のいずれかであるので、 $1.1\mu\text{m}$  よりも長波で発振する面発光レーザ素子を得ることができる。特に、波長  $1.3\mu\text{m}$  帯のレーザ素子と石英シングルモードレーザとを組み合わせることによって、高速通信、高速伝送が可能となる。

## 【0066】

また、請求項4記載の発明によれば、請求項2または請求項3記載の面発光レーザ素子が複数個配列されて構成されているので、発熱による素子間の干渉もなく、特性、信頼性の優れた面発光レーザアレイが得られる。

## 【0067】

また、請求項5記載の発明によれば、請求項2または請求項3の面発光レーザ素子、または、請求項4記載の面発光レーザアレイを用いた光インターコネクションシステムであるので、高速伝送が可能で信頼性の高い光インターコネクションシステムを得ることができる。

## 【0068】

また、請求項6記載の発明によれば、請求項2または請求項3の面発光レーザ素子、または、請求項4記載の面発光レーザアレイを用いた光通信システムであるので、高速通信が可能で信頼性の高い光通信システムを得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

$\text{AlAs/GaAs}$  の24ペアの積層によるDBRの反射スペクトルを示す図である。

## 【図2】

本発明に係る分布ブラッグ反射器（DBR）を説明するための図である。

【図 3】

0.88  $\mu$ m 帯と 1.3  $\mu$ m 帯の DBR の反射率と、材料層（線形組成傾斜層）の厚さとの関係を示す図である。

【図 4】

図 3 の結果と同様の構造の線形組成傾斜層を有する 1.3  $\mu$ m の反射波長を持つ AlAs/GaAs DBR のゼロバイアス付近のシート抵抗と組成傾斜層の厚さとの関係を示す図である。

【図 5】

図 3 の結果と同様の構造の線形組成傾斜層を有する 1.3  $\mu$ m の反射波長を持つ AlAs/GaAs DBR のゼロバイアス付近のシート抵抗と組成傾斜層の厚さとの関係を示す図である。

【図 6】

本発明の面発光レーザ素子の構成例を示す図である。

【図 7】

本発明の面発光レーザ素子の構成例を示す図である。

【図 8】

本発明の光インターコネクションシステムの具体例を示す図である。

【図 9】

面発光レーザアレイモジュールの概要を示す図である。

【図 10】

本発明の光通信システムの具体例を示す図である。

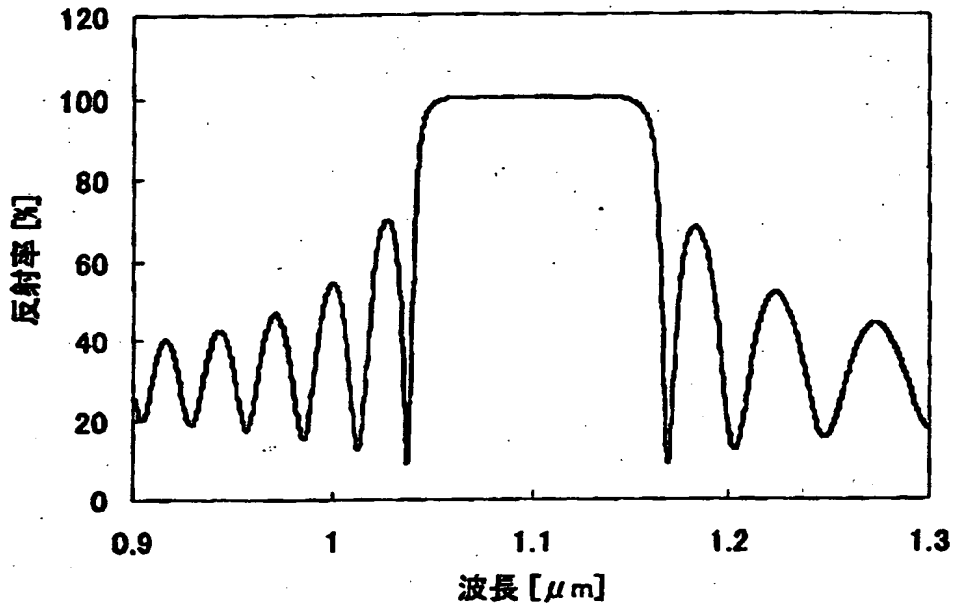
【符号の説明】

- |    |            |
|----|------------|
| 1  | 第 1 の半導体層  |
| 2  | 第 2 の半導体層  |
| 3  | 材料層        |
| 11 | n-GaAs 基板  |
| 12 | n-DBR      |
| 13 | GaAs スペーサ層 |

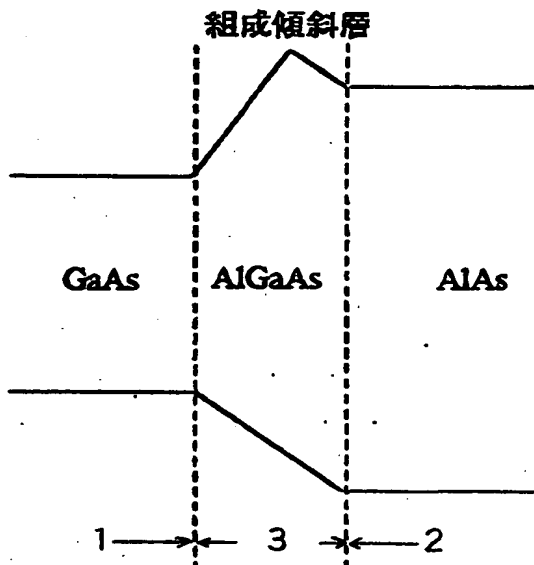
- 14 GaInNAs 活性層
- 15 GaAs スペーサ層
- 16 電流狭さく層
- 17 P-DBR
- 18 P-GaAs コンタクト層
- 19 ポリイミド膜
- 20 光出射部
- 21 P側電極
- 22 n側電極
- 31  $\text{Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$  層
- 32 AlGaAs 組成傾斜層
- 33 GaAs 層

【書類名】 図面

【図 1】

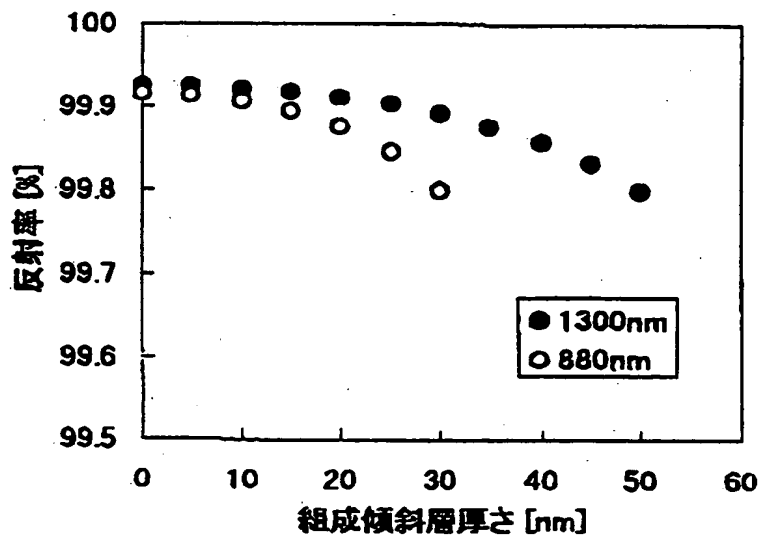


【図 2】

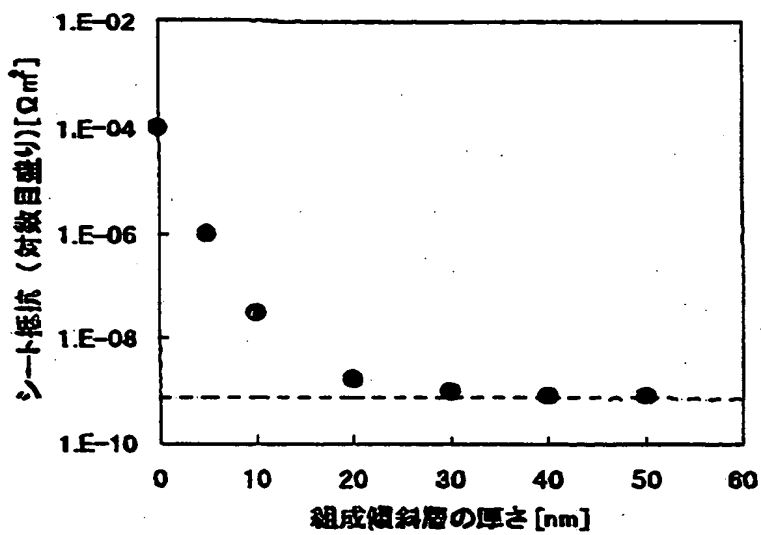




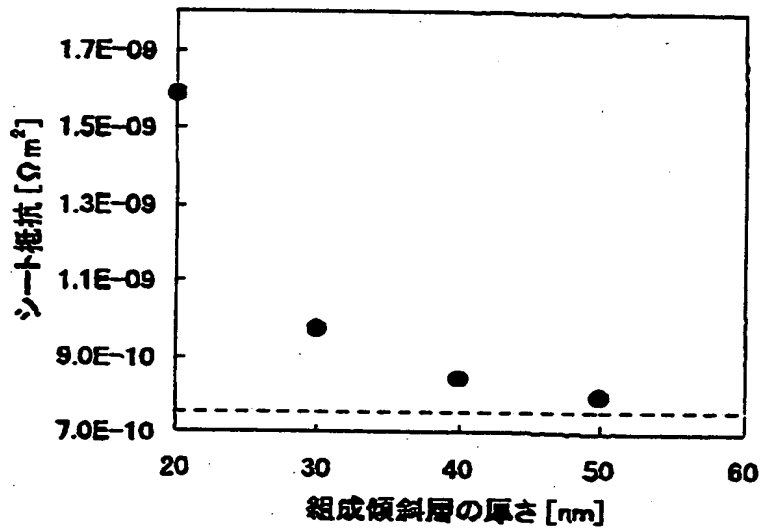
【図 3】



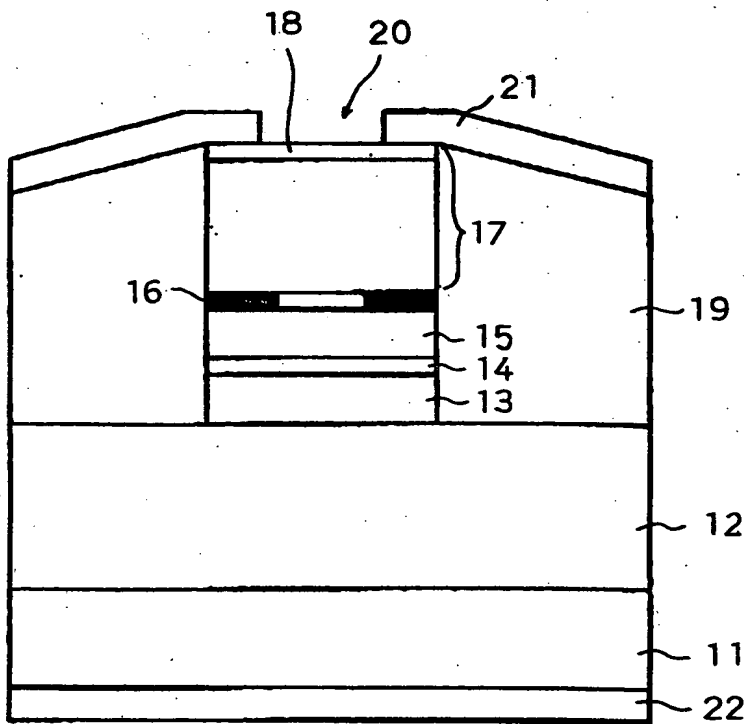
【図 4】



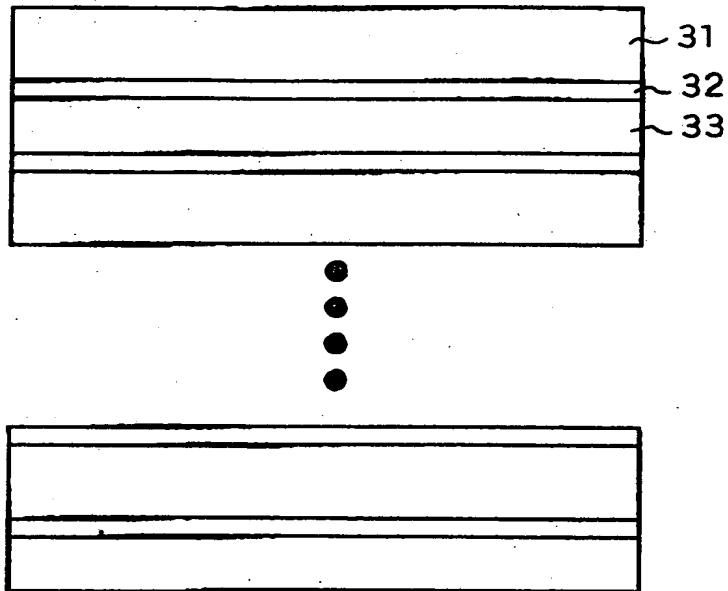
【図 5】



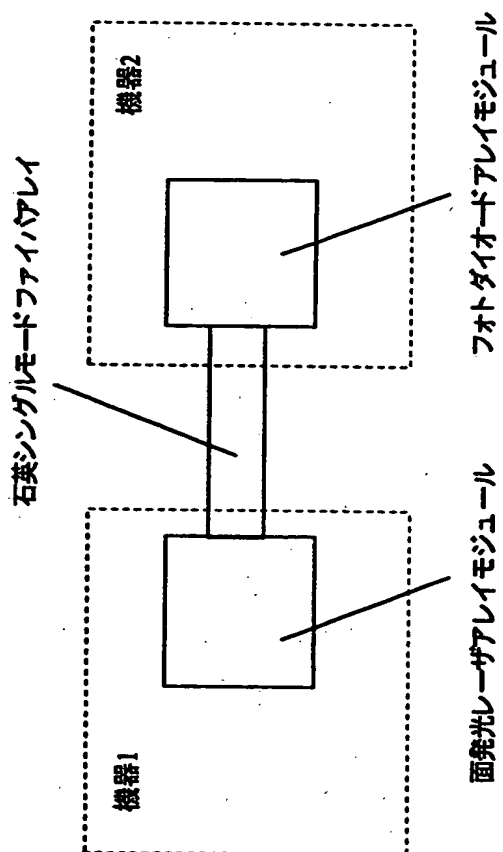
【図 6】



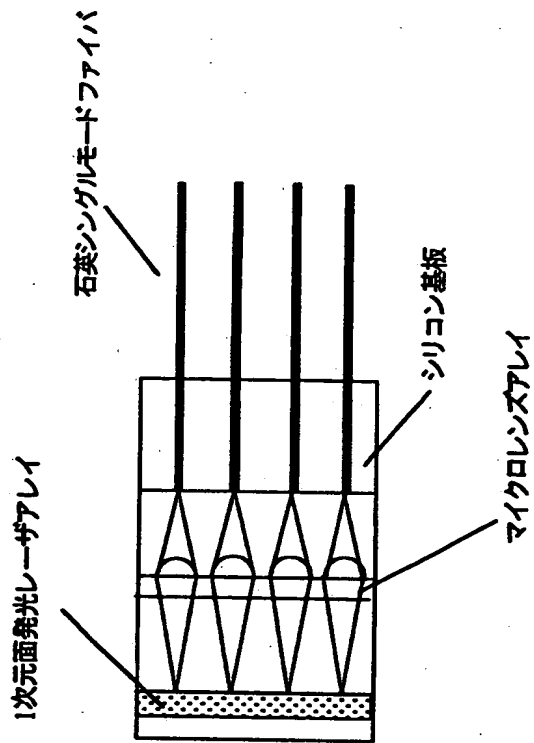
【図7】



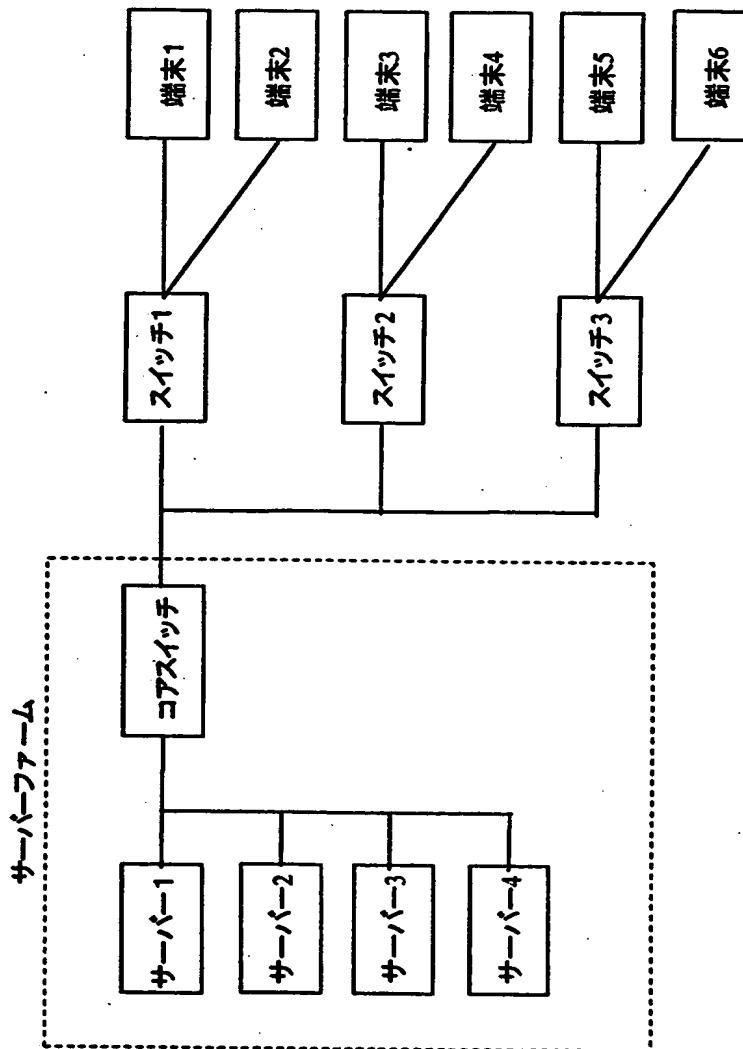
【図 8】



【図9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電気抵抗が低く、かつ、反射率の高い分布ブラッグ反射器を提供する

【解決手段】 本発明の分布ブラッグ反射器（DBR）は、屈折率が大なる第1の半導体層1と屈折率が小なる第2の半導体層2とが交互に積層され、屈折率が大なる第1の半導体層1と屈折率が小なる第2の半導体層2との間に、第1の半導体層1の屈折率と第2の半導体層2の屈折率との間の屈折率値をとる材料層3が設けられているものであって、この分布ブラッグ反射器の設計反射波長は1.1  $\mu\text{m}$ よりも長波であり、前記材料層3は厚さが5 nm乃至50 nmの範囲であることを特徴としている。

【選択図】 図2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006747]

1. 変更年月日 1990年 8月24日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
氏 名 株式会社リコー